

Ansteuerung eines Gleichstrommotors

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Ansteuern eines bürstenlosen Gleichstrommotors und einen zur Durchführung des Verfahrens geeigneten Wechselrichter.

Der Stator eines solchen Motors erzeugt ein rotierendes Magnetfeld, in welchem die Magnete des Rotors sich auszurichten versuchen und so eine Drehung des Rotors antreiben. Um einen möglichst hohen elektrischen Wirkungsgrad eines solchen Motors zu erreichen, wäre es an sich wünschenswert, drei Wicklungen des Stators mit jeweils um eine Drittelperiode gegeneinander phasenverschobenen sinusförmigen Strömen zu beaufschlagen. Da von der Frequenz der Ströme die Drehgeschwindigkeit des Motors abhängt, müssen diese Ströme mit variablen Frequenzen bereitgestellt werden können. Um Antriebsströme mit willkürlich wählbarer Frequenz bereitzustellen, werden üblicherweise Wechselrichter eingesetzt, die die Wicklungen des Motors getastet mit einer festen Versorgungsspannung beaufschlagen, wobei die Tastfrequenz der Schalter wesentlich höher als die Drehfrequenz ist. Je besser mit einem solchen Wechselrichter eine Sinusform des Versorgungsstroms approximiert werden soll, um so höher ist die erforderliche Frequenz der Schaltvorgänge in den Schaltern des Wechselrichters. Die Verlustleistung der Schalter wächst mit der Schaltfrequenz. Eine zu hohe Schaltfrequenz kann daher zur Überhitzung und Zerstörung der Schalter führen. Der erreichbare Wirkungsgrad des Motors ist ein Kompromiss zwischen dem Wunsch nach sinusförmigen Versorgungsströmen für die Motorwicklungen einerseits und dem Bedürfnis nach einer niedrigen Schaltfrequenz und entsprechend geringen Verlusten im Wechselrichter andererseits.

Ein verbreitetes Ansteuerverfahren verwendet sechs sich periodisch abwechselnde Schaltzustände von jeweils einer Sechstelperiode Dauer, bei dem jede Wicklung jeweils während eines Zustandes stromlos, dann zwei Zustände lang in einer ersten Richtung bestromt, dann wieder einen Zustand lang stromlos und schließlich zwei weitere Zustände lang mit entgegengesetztem Vorzeichen bestromt ist und die Ströme der drei Wicklungen jeweils um eine Drittelperiode phasenverschoben sind. Dieses Schema ist zwar einfach zu steuern, doch ist von drei Wicklungen des Motors ständig eine stromlos, so dass sie zur Drehmomentbildung des Motors nicht beiträgt. Die Wicklung und die in ihnen fließenden Stromstärken müssen also so ausgelegt sein, dass zwei bestromte Wicklungen ausreichen, um ein benötigtes Drehmoment zu

THIS PAGE BLANK (USPTO)

liefern. Ein Ansteuerverfahren, mit dem jederzeit alle drei Wicklungen bestromt werden könnten, würde es erlauben, bei gleichbleibendem Drehmoment die Windungszahl der Wicklungen zu reduzieren und dadurch nicht nur Kosten, Gewicht und Größe einzusparen, sondern auch ohmsche Verluste zu reduzieren und den Wirkungsgrad zu verbessern.

[004] Aufgabe der Erfindung ist, ein solches verbessertes Ansteuerverfahren zu schaffen.

[005] Die Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren zum Ansteuern eines dreiphasigen Gleichstrommotors, bei dem drei erste Schaltzustände zyklisch wiederholt werden, wobei in jedem der drei ersten Schaltzustände eine jeweils andere der drei Phasen periodisch zwischen einer ersten und einer zweiten Eingangsspannung umgeschaltet wird, während die zwei anderen Phasen durchgehend mit der ersten Eingangsspannung beschaltet sind. Während die eine Phase mit der zweiten Eingangsspannung beschaltet ist, fließt ein Strom jeweils in einer Reihenschaltung durch diese eine Phase und die zwei anderen, zueinander parallelen Phasen, so dass alle drei Phasen Strom führen und zum Drehmoment des Motors beitragen.

[006] Ein gleichmäßiger Lauf des Motors ergibt sich, wenn zwischen zwei ersten Schaltzuständen jeweils ein zweiter Schaltzustand eingefügt wird, in welchem eine der drei Phasen periodisch zwischen der ersten und der zweiten Eingangsspannung umgeschaltet wird, während die zwei anderen Phasen durchgehend mit der zweiten Eingangsspannung beschaltet sind. Auch hier sind, wenn die eine Phase auf die erste Eingangsspannung geschaltet ist, alle drei Phasen stromdurchflossen.

[007] Ein kontinuierlich rundlaufender Ramzeiger ergibt sich, wenn in jedem zweiten Schaltzustand diejenige Phase periodisch umgeschaltet wird, die weder in dem vorhergehenden noch in dem nachfolgenden ersten Schaltzustand periodisch umgeschaltet wird.

[008] Für eine gleichmäßige Motorleistung ist es ferner wünschenswert, dass der Anteil der Zeit, in der in jedem ersten Schaltzustand die jeweils periodisch umgeschaltete Phase mit der zweiten Eingangsspannung beschaltet wird, an der Dauer dieses ersten Schaltzustandes gleich dem Anteil der Zeit, in der die periodisch umgeschaltete Phase mit der ersten Eingangsspannung beschaltet wird, an der Dauer jedes zweiten Schaltzustandes ist.

[009] Dieser Zeitanteil ist zweckmäßigerweise in jedem ersten und/oder zweiten Schaltzustand proportional zu einer Last des Gleichstrommotors geregelt.

[010] Wenn zum Ansteuern des Gleichstrommotors ein Wechselrichter verwendet wird, der zu jeder Phase des Motors eine zwischen einer ersten und einer zweiten Eingangsspannung

THIS PAGE BLANK (USPTO)

führende Klemme und die betreffende Motorphase platzierten ersten Schalter und einen zwischen die betreffende Motorphase und eine die zweite Eingangsspannung führende zweite Klemme platzierten zweiten Schalter aufweist, so kann in jedem ersten Schaltzustand der erste Schalter der periodisch umgeschalteten Phase offen bleiben, während der zweite Schalter dieser Phase periodisch umgeschaltet wird. Im ersten Schalter fallen somit keine Umschaltverluste an. Entsprechend kann in jedem zweiten Schaltzustand der zweite Schalter der periodisch umgeschalteten Phase offen bleiben, während der erste Schalter dieser Phase periodisch umgeschaltet wird.

- [011] Ein erfindungsgemäßer Wechselrichter ist mit einer Steuerschaltung zum Ansteuern seiner Schalter gemäß einem Verfahren wie oben definiert ausgestattet.
- [012] Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen mit Bezug auf die beigegeführten Figuren. Es zeigen:
- [013] Fig. 1 ein Blockdiagramm eines Wechselrichters, mit dem die vorliegende Erfindung ausführbar ist;
- [014] Fig. 2 ein Zeitdiagramm, welches die Zustände der Schalter des Wechselrichters sowie die Spannungen und Stromflussrichtungen in den Phasen des Motors für die verschiedenen Zustände des erfindungsgemäßen Verfahrens veranschaulicht; und
- [015] Fig. 3 den simulierten zeitlichen Verlauf des Stromsignals einer Phase eines erfindungsgemäß angesteuerten Elektromotors.
- [016] Der in Fig. 1 gezeigte Wechselrichter umfasst sechs Schalter SU1, SV1, SW1, SU2, SV2, SW2, von denen jeweils die Schalter SU1, SV1, SW1 zwischen einer positiven Versorgungsklemme (+) und einer Phase U, V bzw. W eines dreiphasigen bürstenlosen Gleichstrommotors M angeordnet sind und die Schalter SU2, SV2, SW2 jeweils zwischen einer dieser drei Phasen und einer negativen Versorgungsklemme (-) angeordnet sind. Bei den Schaltern kann es sich in an sich bekannter Weise um IGBTs mit einer parallel geschalteten Freilaufdiode handeln.
- [017] Eine Steuerschaltung C erzeugt Ansteuersequenzen zum Öffnen und Schließen der Schalter SU1 bis SW2 in Abhängigkeit von zwei Eingangssignalen, die eine gewünschte Drehfrequenz des Magnetfeldes in dem Gleichstrommotor M bzw. eine gewünschte Leistung des Motors bezeichnen.
- [018] Die Steuerschaltung C wiederholt zyklisch eine Sequenz von sechs Schaltzuständen. In dem ersten Schaltzustand, in Fig. 2 mit a bezeichnet, sind die mit der positiven Klemme verbundenen Schalter SU1, SW1 geschlossen, und die jeweils komplementären Schalter SU2, SW2 sind offen, so dass an den Phasen U, W das positive

THIS PAGE BLANK (USP),

Versorgungspotential anliegt. Der Schalter SV1 ist ebenfalls offen, und der Schalter SV2 wird abwechselnd geöffnet und geschlossen, wobei der Anteil α der Zeit, in der der Schalter SV2 geschlossen ist, an der Dauer des ersten Schaltzustandes a von der Steuerschaltung C proportional zur verlangten Leistung des Motors M gewählt wird. Wie die Pfeile in der schematischen Darstellung des Motors im Zustand a zeigen, fließt Strom einerseits durch die Phasen U, V und W, V des Motors. Alle drei Phasen tragen somit zum Ramzeiger U_a des Magnetfeldes bei, wobei die Beiträge der Phasen U, V sich zu einem Beitrag parallel zu dem der Phase V überlagern.

[019] Im anschließenden Schaltzustand b ist der Schalter SU1 mit dem Tastverhältnis α geschlossen, die Schalter SV2 und SW2 sind offen und die Schalter SU2, SV1, SW1 sind offen. Die Phasen V, W liegen auf der niedrigen Versorgungsspannung, und die Phase U nimmt mit dem Tastverhältnis α das hohe Versorgungspotential an. Der Ramzeiger U_b ist um 60° im Gegenuhreigersinn gedreht.

[020] Allgemein sind in den Schaltzuständen a, c, e jeweils bei zwei Phasen die mit dem hohen Versorgungspotential verbindenden Schalter offen und die mit dem niedrigen Versorgungspotential verbindenden Schalter geschlossen, und bei der dritten Phase ist der mit dem hohen Versorgungspotential verbindende Schalter offen und der mit dem niedrigen Versorgungspotential verbindende getastet. Es gibt zwei verschiedene Möglichkeiten für eine Reihenfolge dieser drei Schaltzustände a, c, und e; sie entsprechen den zwei entgegengesetzten Drehrichtungen des Motors. Bei jedem dazwischen liegenden Schaltzustand b, d oder f sind bei jeweils zweien der Phasen U, V, W die mit dem niedrigen Versorgungspotential verbindenden Schalter offen und die mit dem hohen Versorgungspotential verbindenden offen, und bei der dritten Phase ist der mit dem niedrigen Versorgungspotential verbindende Schalter offen und der mit dem hohen Versorgungspotential verbindende getastet. Die getastete Phase ist dabei jeweils diejenige Phase, die weder im unmittelbar vorhergehenden noch in dem unmittelbar nachfolgenden Schaltzustand getastet ist. So ergibt sich eine gleichmäßige Rotation des Ramzeigers von 60° von einem Schaltzustand zum nächsten.

[021] Fig. 3 zeigt für eine Phase des Motors, beispielsweise die Phase U, das Ergebnis einer Simulationsberechnung des Phasenstroms als Funktion der Zeit, dargestellt als Kurve IU, zusammen mit Ansteuersignalen c_{SU1} und c_{SU2} für die zwei die Phase U versorgenden Schalter SU1, SU2 bei einem Lastwinkel δ zwischen der Phase des Ansteuersignals c_{SU1} und der elektromotorischen Kraft EMK des Motors.

[022]

TWICE PAGE BLANK (USPTO)

Ansprüche

- [001] Verfahren zum Ansteuern eines dreiphasigen Gleichstrommotors (11), bei dem drei erste Schaltzustände (a, c, e) zyklisch wiederholt werden, wobei in jedem der drei ersten Schaltzustände eine der drei Phasen (U, V, W) des Gleichstrommotors (M) periodisch zwischen einer ersten und einer zweiten Eingangsspannung (+, -) umgeschaltet wird, während die zwei anderen Phasen durchgehend mit der ersten Eingangsspannung (+) beschaltet sind.
- [002] Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen zwei ersten Schaltzuständen (a, c, e) jeweils ein zweiter Schaltzustand (b, d, f) eingefügt wird, in welchem eine der drei Phasen (U, V, W) periodisch zwischen der ersten und der zweiten Eingangsspannung (+, -) umgeschaltet wird, während die zwei anderen Phasen durchgehend mit der zweiten Eingangsspannung (-) beschaltet sind.
- [003] Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass in jedem zweiten Schaltzustand (b, d, f) diejenige Phase periodisch umgeschaltet wird, die weder in dem vorhergehenden noch in dem nachfolgenden ersten Schaltzustand (a, c, e) periodisch umgeschaltet wird.
- [004] Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Anteil (α) der Zeit, in der die periodisch umgeschaltete Phase mit der zweiten Eingangsspannung (-) beschaltet wird, an der Dauer jedes ersten Schaltzustandes (a, c, e) gleich dem Anteil der Zeit, in der die periodisch umgeschaltete Phase mit der ersten Eingangsspannung (+) beschaltet wird, an der Dauer jedes zweiten Schaltzustandes (b, d, f) ist.
- [005] Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass in jedem zweiten Schaltzustand (b, d, f) der Anteil (α) der Zeit, in der die periodisch umgeschaltete Phase mit der ersten Eingangsspannung (+) beschaltet wird, proportional zu einer Last des Gleichstrommotors (11) geregelt wird.
- [006] Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in jedem ersten Schaltzustand (a, c, e) der Anteil der Zeit, in der die periodisch umgeschaltete Phase mit der zweiten Eingangsspannung (-) beschaltet wird, proportional zu einer Last des Gleichstrommotors (11) geregelt wird.
- [007] Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zum Ansteuern des Gleichstrommotors (11) ein Wechselrichter verwendet wird, wobei zwischen jeder Phase (U, V, W) des Motors (11) und einer die erste

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Eingangsspannung (+) führenden Klemme jeweils ein erster Schalter (SU1, SV1, SW1) des Wechselrichters und zwischen jeder Phase (U, V, W) des Motors (11) und einer die zweite Eingangsspannung (-) führenden Klemme jeweils ein zweiter Schalter (SU2, SV2, SW2) des Wechselrichters vorgesehen ist, und dass in jedem ersten Schaltzustand (a, c, e) der erste Schalter der periodisch umgeschalteten Phase offen bleibt, während der zweite Schalter dieser Phase periodisch umgeschaltet wird.

[008] Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass in jedem zweiten Schaltzustand (b, d, f) der zweite Schalter der periodisch umgeschalteten Phase offen bleibt, während der erste Schalter dieser Phase periodisch umgeschaltet wird.

[009] Wechselrichter, gekennzeichnet durch eine Steuerschaltung (C) zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Docket # ZTP03PO1872

Applic. # _____

Applicant: DeFilippis, et

Lerner Greenberg Sterner LLP al.
Post Office Box 2480

Hollywood, FL 33022-2480

Tel: (954) 925-1100 Fax: (954) 925-1101